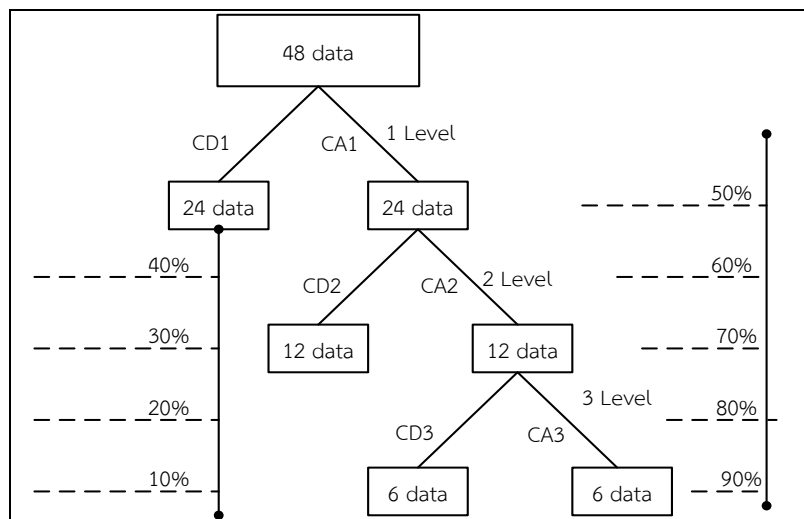


บทที่ 4

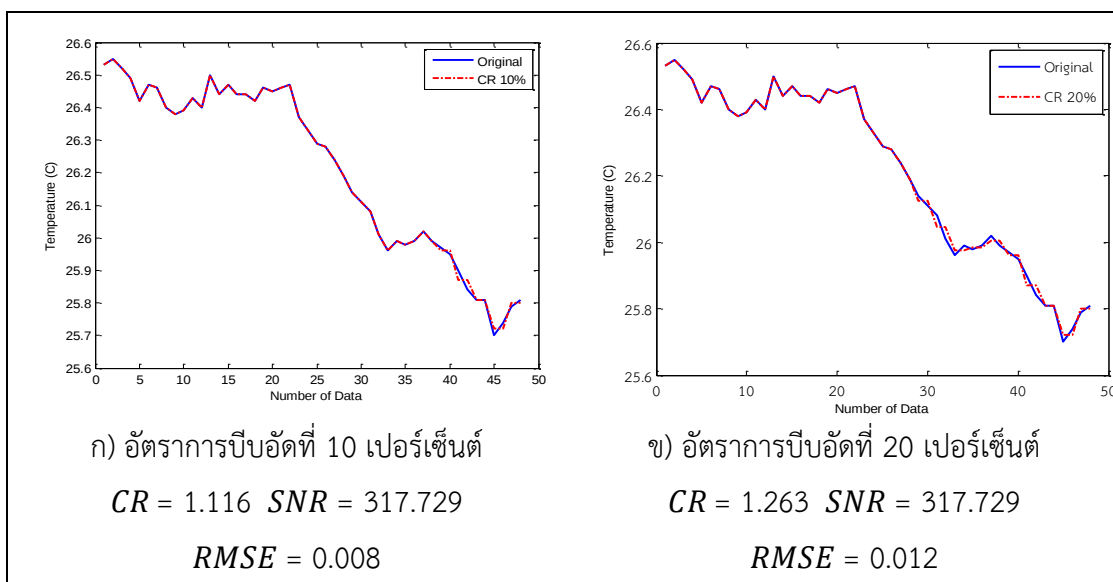
ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

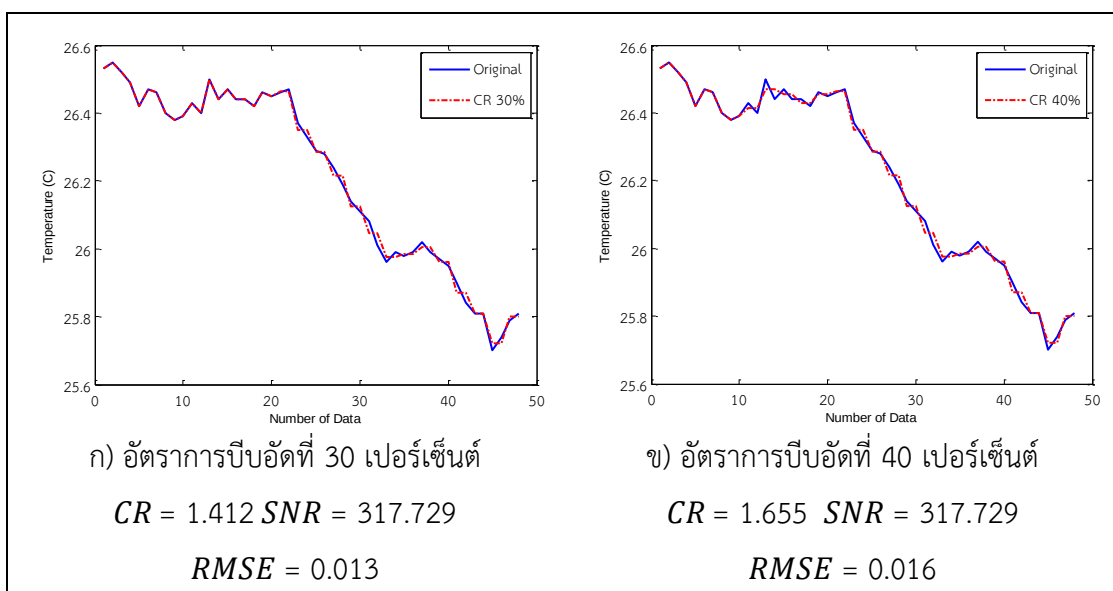
อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมจะสามารถลดขนาดของข้อมูลได้มากเพียงพอโดยที่ยังทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสร้างกลับมีคุณภาพดี และมีความแตกต่างกับข้อมูลต้นฉบับเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลอินพุตที่ป้อนให้กับเครือข่ายประสาทเทียม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 1 เดือน มาทำการบีบอัดข้อมูลโดยวิธีการแปลงเวฟเล็ตชนิด Haar ครั้งละ 48 ข้อมูล และใช้เครือข่ายประสาทเทียมในการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม โดยให้เครือข่ายประสาทเทียมเรียนรู้และจดจำรูปแบบของอัตราการบีบอัด ซึ่งมีทั้งหมด 9 รูปแบบ คือ 10% ถึง 90% [2] แสดงรูปแบบการแบ่งอัตราการบีบอัดข้อมูลดังรูปที่ 4.1 และแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับจากการบีบอัดข้อมูลอุณหภูมิด้วยอัตราการบีบอัดที่ 10% ถึง 90% ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.6



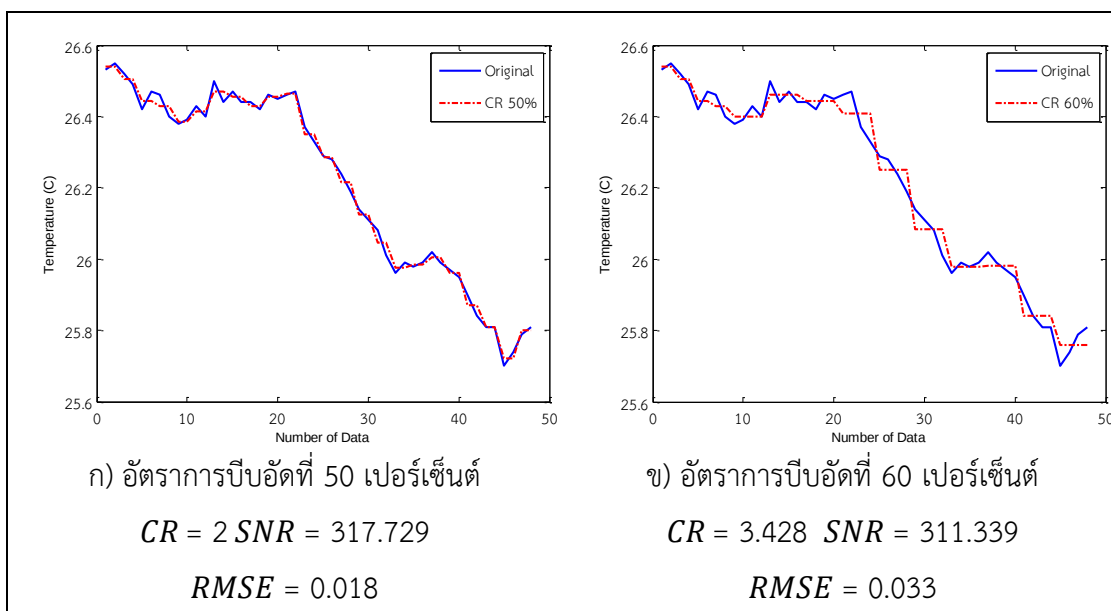
รูปที่ 4.1 การแบ่งอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 10% ถึง 90%



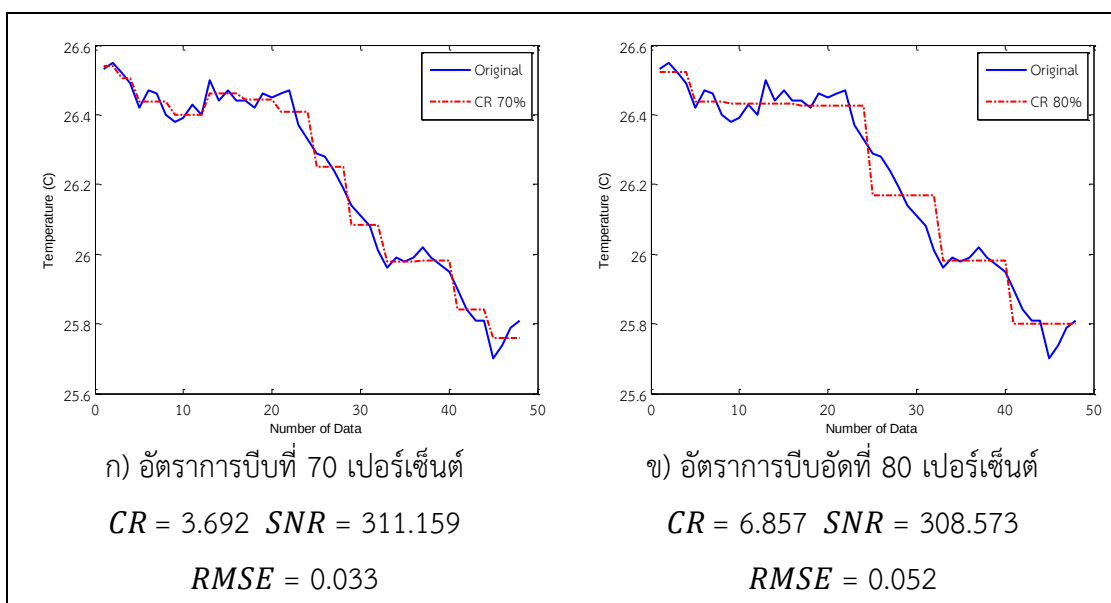
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 10% และ 20% กับข้อมูลต้นฉบับ



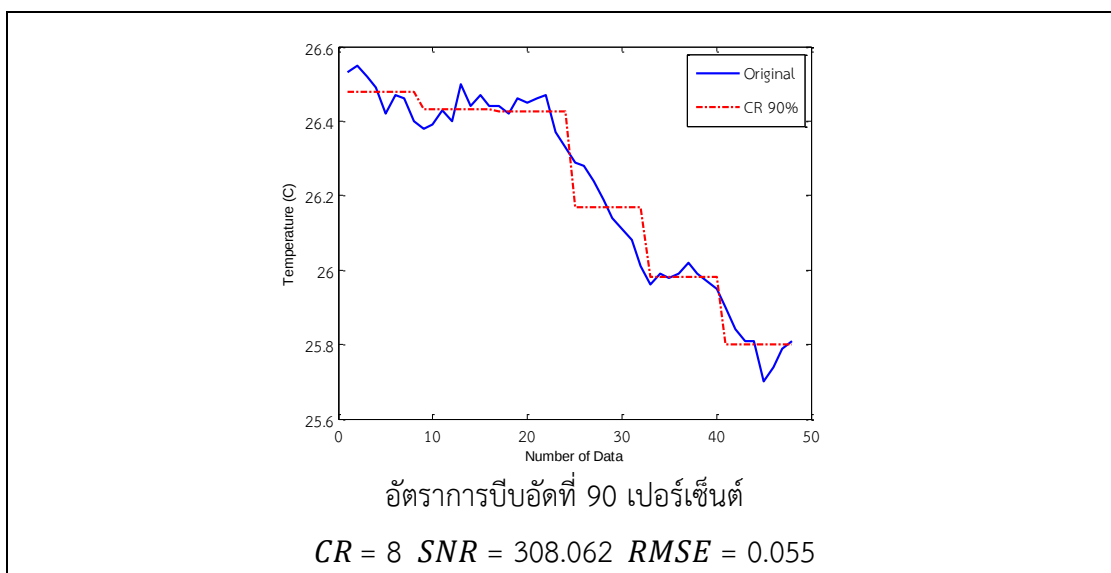
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 30% และ 40% กับข้อมูลต้นฉบับ



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 50% และ 60% กับข้อมูลต้นฉบับ



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 70% และ 80% กับข้อมูลต้นฉบับ



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 90% กับข้อมูลต้นฉบับ

4.2 การออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการหาอัตราการบีบอัดข้อมูล

เหมาะสม

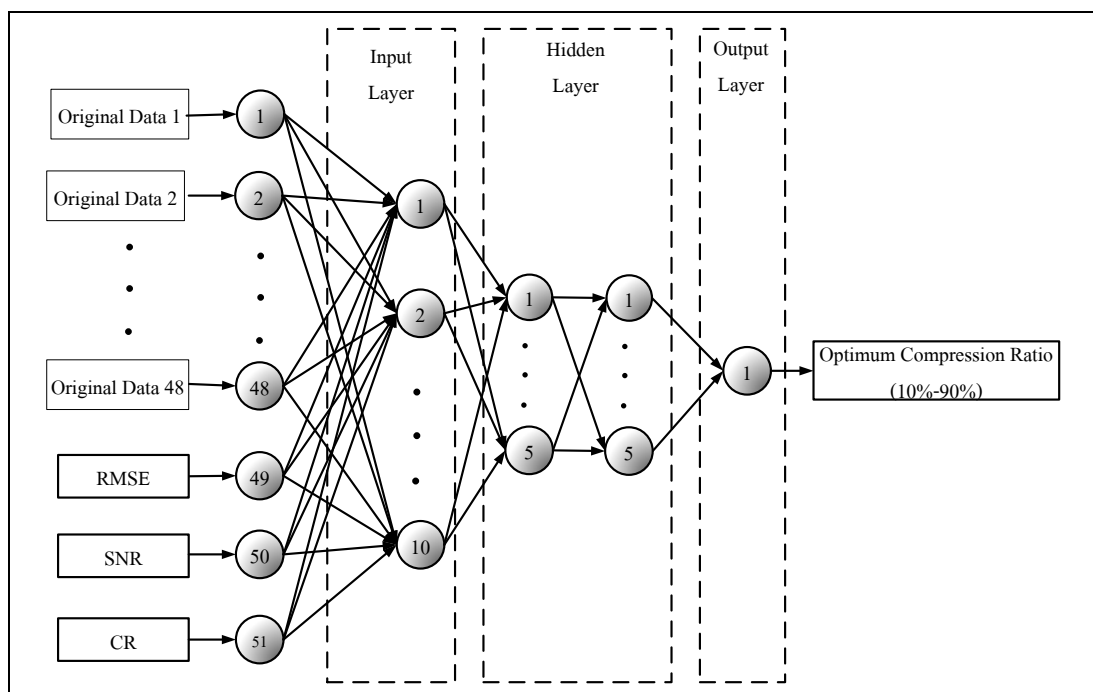
เครือข่ายประสาทเทียมเป็นรูปแบบหนึ่งของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเครือข่ายประสาทเทียมจะมีความสามารถในการเรียนรู้ข้อมูลต่างๆ เพื่อสร้างแบบจำลองจากสิ่งที่เรียนรู้ การฝึกสอนให้เครือข่ายประสาทเทียมรู้จำข้อมูลนั้น เราได้เขียนโปรแกรม MATLAB โดยนำเสนอกุ่มข้อมูลตัวอย่างให้กับเครือข่ายในรูปของคู่อินพุตพร้อมกับเป้าหมาย (Target) ที่ต้องการให้เครือข่ายตอบสนอง พิจารณาคู่ลำดับอินพุตและเป้าหมายดังสมการที่ 4.1

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \dots, \{p_Q, t_Q\} \quad (4.1)$$

โดยที่ $p_i \in \mathbb{R}^R (i = 1, \dots, Q)$ เป็นเวกเตอร์อินพุตขนาดเท่ากับ R และ $t_i \in \mathbb{R}^S (i = 1, \dots, Q)$ เป็นเวกเตอร์เป้าหมายขนาดเท่ากับ S ของเวกเตอร์อินพุต p_i เมื่ออินพุตถูกป้อนให้กับระบบ เอาต์พุตของเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเวกเตอร์เป้าหมายของอินพุตนั้น ๆ แล้วเครือข่ายจะทำการปรับค่าน้ำหนักประสาทและไบอัสตามกฎการเรียนรู้ เพื่อให้เอาต์พุตของเครือข่ายลู่เข้าสู่เป้าหมายที่ต้องการ

เครือข่ายประสาทเทียมประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นซ่อนเร้น (Hidden Layer) ชั้นเอาต์พุต (Output Layer) การทำงานของชั้นอินพุต จะทำหน้าที่แทนส่วนของข้อมูลดิบ ที่จะถูกป้อนเข้าสู่เครือข่าย ชั้นซ่อนเร้นที่เชื่อมต่อกับอินพุตจะถูกกำหนด โดยการทำงานของชั้นอินพุตและค่าน้ำหนักบนความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอินพุตและชั้นซ่อนเร้น ส่วนชั้นเอาต์พุตจะ

ขึ้นอยู่กับการทำงานของชั้นซ่อนเร้นและค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนเร้นและชั้นเอาต์พุต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเครือข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการเรียนรู้ข้อมูลของการบีบอัดจากข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ได้เก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลเพื่อหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม โดยทำการออกแบบโครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างแบบจำลองดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม

โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้จะใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer Neural Network) ที่มีการเรียนรู้โดยอัลกอริทึมแบบแพร่กลับ (Back Propagation) ซึ่งเป็นเครือข่ายประสาทเทียมที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยจะกำหนดพารามิเตอร์สำหรับโครงสร้างดังนี้

1) จำนวนชั้น

จำนวนชั้น (Layer) ของเครือข่ายประสาทเทียมนั้นกำหนดให้มีทั้งหมด 4 ชั้น ประกอบด้วย 1) Input Layer จำนวน 1 ชั้น ซึ่งข้อมูลอินพุตจะเป็นข้อมูลสภาพแวดล้อม 48 ข้อมูล กับข้อมูลคุณภาพของการบีบอัดอีก 3 ข้อมูลคือ *RMSE* *SNR* และ *CR* 2) Hidden Layer จำนวน 2 ชั้น และ 3) Output Layer จำนวน 1 ชั้น ดังรูปที่ 3.30

2) จำนวนโนด

ในโครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมกำหนดให้แต่ละชั้นมีจำนวนโนดที่ไม่เท่ากัน โดยชั้นแรก Input Layer กำหนดจำนวนโนดคือ 10 ชั้น Hidden Layer ชั้นที่ 1 กำหนดจำนวนโนดคือ 5 Hidden Layer ชั้นที่ 2 กำหนดจำนวนโนดคือ 5 และ Output Layer กำหนดจำนวนโนด คือ 1 ตามค่าเอาต์พุตที่กำหนด

3) ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)

ในแต่ละจำนวนชั้นของเครือข่ายประสาทเทียมจำเป็นต้องกำหนดฟังก์ชันการถ่ายโอนของแต่ละชั้นให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูลที่เรียนรู้ โดยในโครงสร้างที่กล่าวนี้ได้ทำการทดสอบการใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนในหลายรูปแบบ เช่น hardlim logsig tansig purelin ซึ่งมีการลองผิดลองถูกสลับตำแหน่งของฟังก์ชันเพื่อหาฟังก์ชันที่เหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูล โดยเลือกจากกราฟการดำเนินการที่สามารถเข้าสู่เป้าหมายโดยใช้เวลาน้อยที่สุด จากการทดสอบจะได้ฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้งานดังนี้

ตารางที่ 4.1 การกำหนดฟังก์ชันการถ่ายโอนของแต่ละชั้น

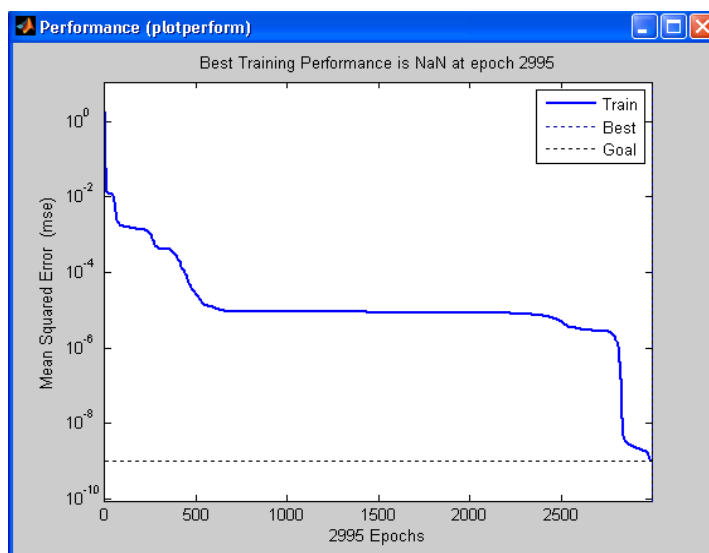
Layer	Transfer Function
Input	logsig
Hidden 1	logsig
Hidden 2	tansig
Output	purelin

4) ข้อมูลสำหรับการเรียนรู้

ข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมนั้นจะถูกกำหนดค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เท่านั้น

5) พารามิเตอร์อื่นๆ

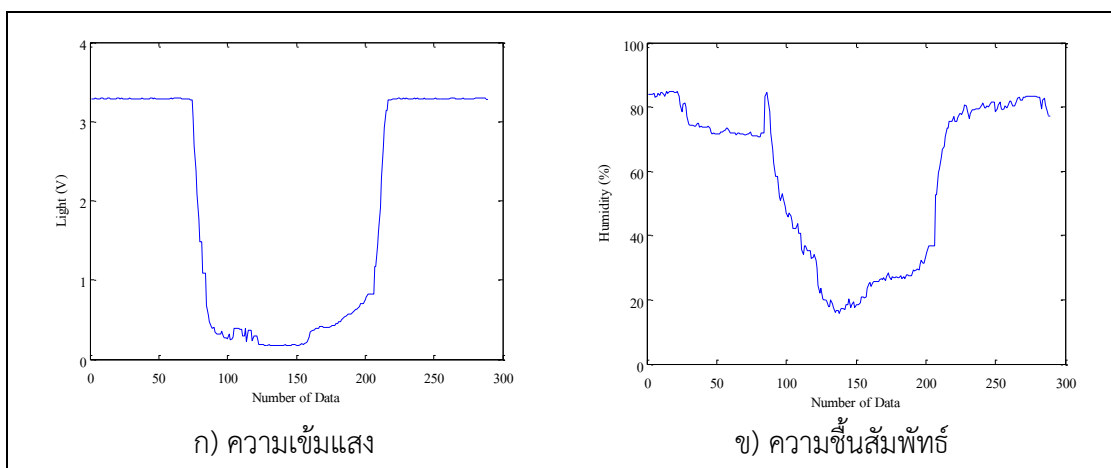
- Back propagation network training function คือ trainlm (default)
- Back propagation weight/bias learning function คือ learnsgdm
- Performance function คือ MSE (default)



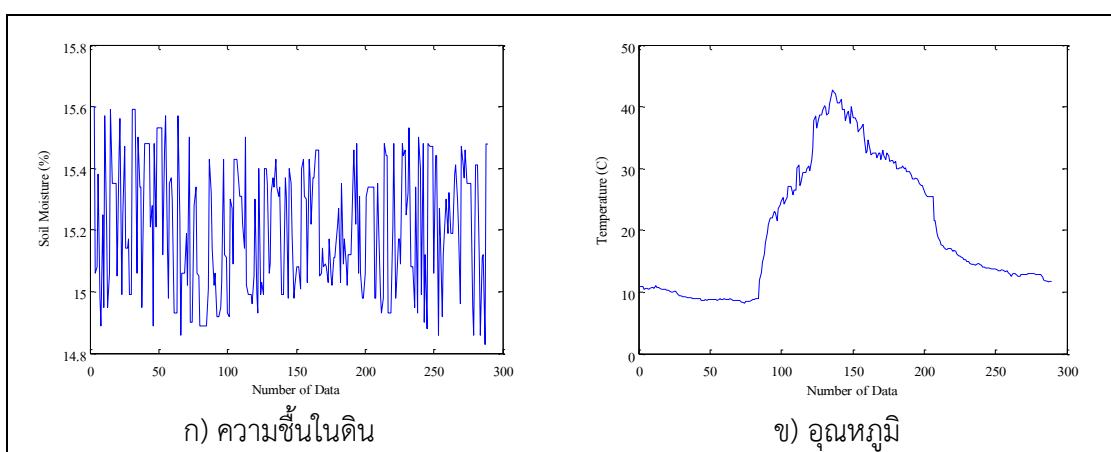
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า Performance การเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียม

4.2.1 รูปแบบการเรียนรู้และการทดสอบเครือข่ายประสาทเทียม

รูปแบบของข้อมูลสำหรับการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม ดังนั้นรูปแบบของข้อมูลจำเป็นต้องมีรูปแบบของการฝึกสอนที่เหมาะสม โดยกำหนดอัตราการบีบอัดให้เป็นเอาต์พุตของระบบ ข้อมูลอินพุตจะเป็นข้อมูลของสภาพแวดล้อมจริงและข้อมูลคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลจริงไปผ่านกระบวนการบีบอัดและการสร้างกลับของข้อมูลและทำการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าว ซึ่งคุณภาพของข้อมูลที่น่ามาให้เครือข่ายประสาทเทียมได้เรียนรู้คือ *RMSE SNR* และ *CR* ดังนั้นอินพุตของระบบคือ ข้อมูลสภาพแวดล้อมจริงจำนวน 48 ข้อมูล ค่า *RMSE SNR* และ *CR* ซึ่งค่าคุณภาพนี้จะแตกต่างกันตามอัตราการบีบอัดที่ 10% ถึง 90% ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แยกการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละสภาพแวดล้อมโดยการนำข้อมูลสภาพแวดล้อมให้เครือข่ายประสาทเทียมเรียนรู้และจดจำรูปแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน และความเข้มแสง จากการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อที่จะหาอัตราการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสมของแต่ละสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงนั้นผู้ใช้งานสามารถทำการปรับตั้งช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน เช่น ชนิดของพืช ชนิดของข้อมูล เป็นต้น แสดงข้อมูลของแต่ละสภาพแวดล้อมใน 1 วัน ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ยกตัวอย่างรูปแบบข้อมูลอินพุตของอุณหภูมิในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.9 ข้อมูลความเข้มแสงและความชื้นสัมพัทธ์ที่เก็บใน 1 วัน

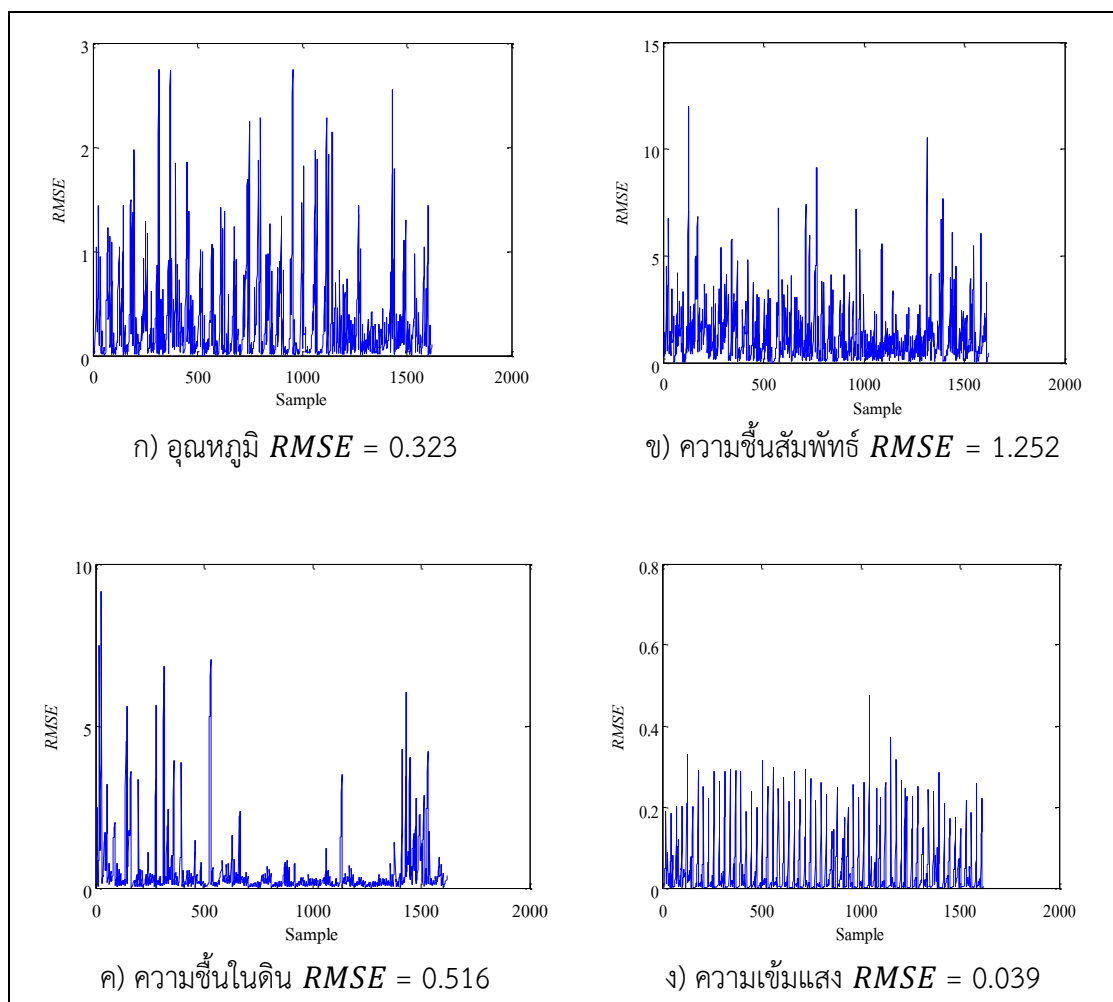


รูปที่ 4.10 ข้อมูลความชื้นในดินและอุณหภูมิที่เก็บใน 1 วัน

Data Train								
OCR10%	OCR20%	OCR30%	OCR40%	OCR50%	OCR60%	OCR70%	OCR80%	OCR90%
Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample	Temp Data 48 sample
RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE
SNR	SNR	SNR	SNR	SNR	SNR	SNR	SNR	SNR
CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR

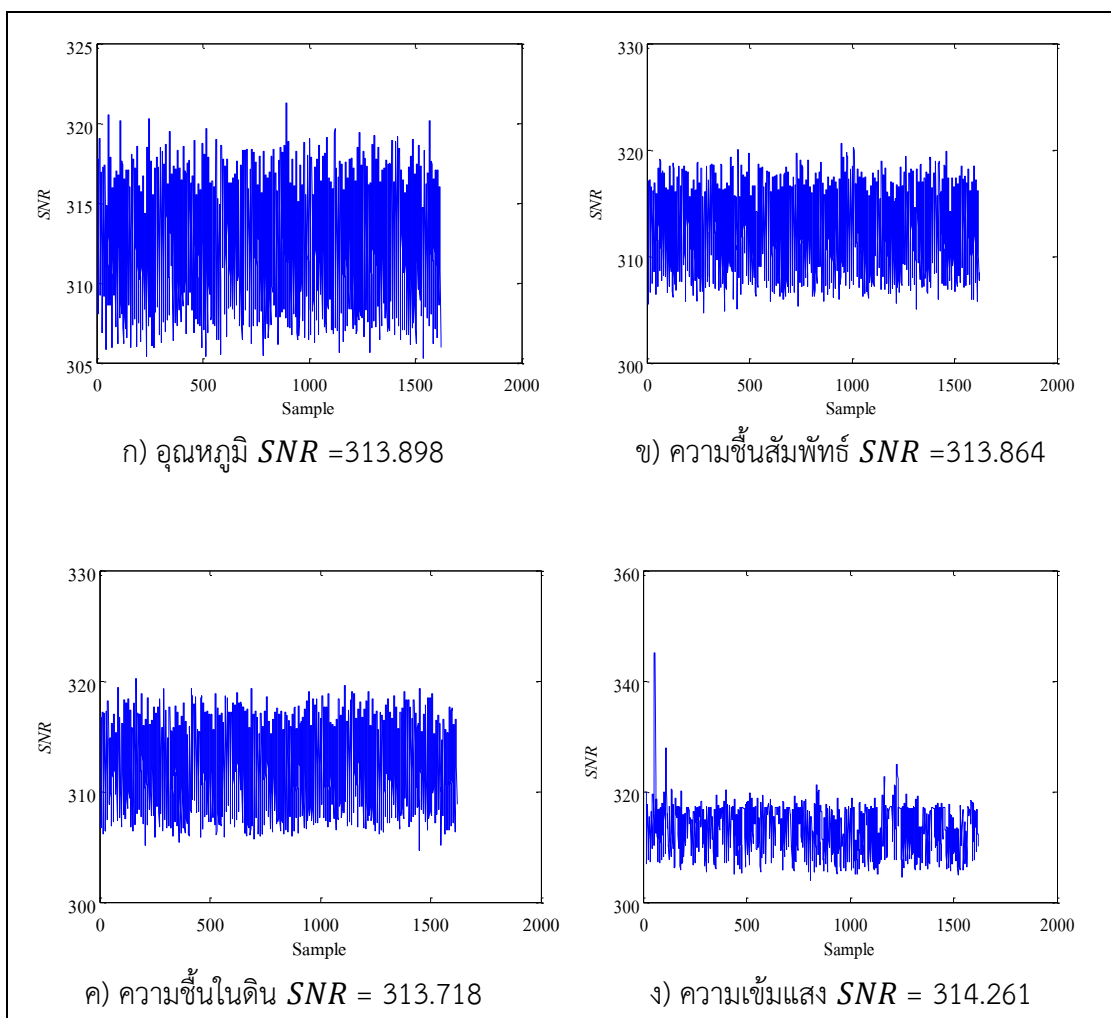
รูปที่ 4.11 รูปแบบข้อมูลอินพุตของอุณหภูมิในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม

ในการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม จะต้องมีการกำหนดค่า $RMSE$ SNR และค่า CR ซึ่งค่าเหล่านี้เราจะกำหนดโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณภาพ เพื่อให้คุณภาพของข้อมูลที่ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลต้นฉบับในระดับที่ยอมรับได้ แสดงกราฟค่า $RMSE$ ของการบีบอัดข้อมูลในแต่ละอัตราการบีบอัดข้อมูล ดังรูปที่ 4.12 แสดงกราฟค่า SNR ดังรูปที่ 4.13 และแสดงกราฟ CR ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจากค่าคุณภาพทั้ง 3 นี้ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณภาพในการกำหนดค่าดังกล่าวให้กับเครือข่ายประสาทเทียม



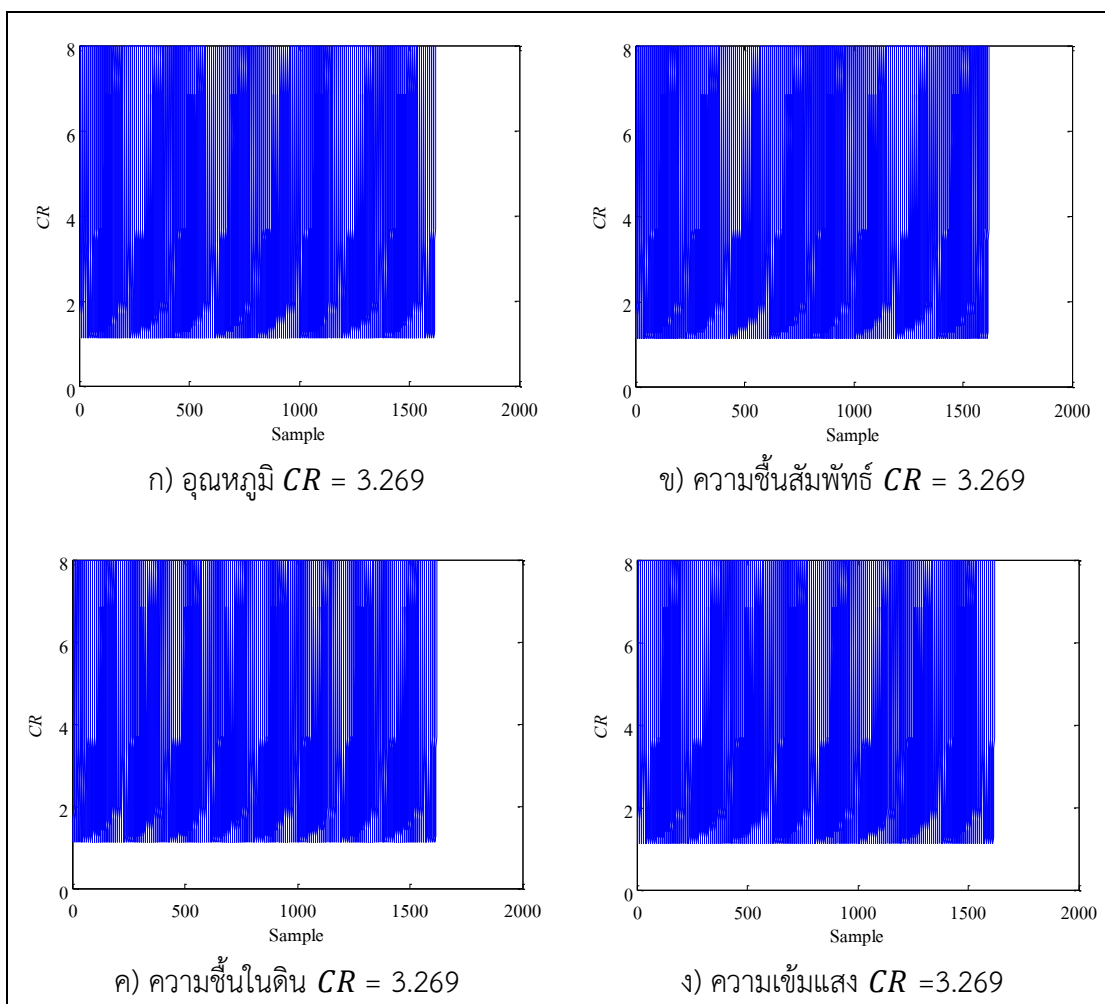
รูปที่ 4.12 กราฟค่า $RMSE$ ของแต่ละสภาพแวดล้อม

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่า $RMSE$ ของแต่ละสภาพแวดล้อม ซึ่งมีค่าคุณภาพที่แตกต่างกัน โดยมีการหาค่าเฉลี่ยของ $RMSE$ จะได้ค่าเฉลี่ย $RMSE$ ของอุ่นหูมีเท่ากับ 0.323 ความขึ้นสัมพันธ์เท่ากับ 1.252 ความขึ้นในดินเท่ากับ 0.516 และความเข้มแสงเท่ากับ 0.039 เพื่อใช้ค่าคุณภาพเหล่านี้ไปใช้ในการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมโดยการกำหนดค่าอินพุตให้กับเครือข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอน



รูปที่ 4.13 กราฟค่า SNR ของแต่ละสภาพแวดล้อม

จากรูปที่ 4.13 แสดงค่า SNR ของแต่ละสภาพแวดล้อม ซึ่งมีการหาค่าเฉลี่ยของคุณภาพ SNR ที่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ย SNR ของอุณหภูมิเท่ากับ 313.898 ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 313.864 ความชื้นในดินเท่ากับ 313.718 และความเข้มแสงเท่ากับ 314.261 ค่าคุณภาพเหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นอินพุตให้กับเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม



รูปที่ 4.14 กราฟค่า CR ของแต่ละสภาพแวดล้อม

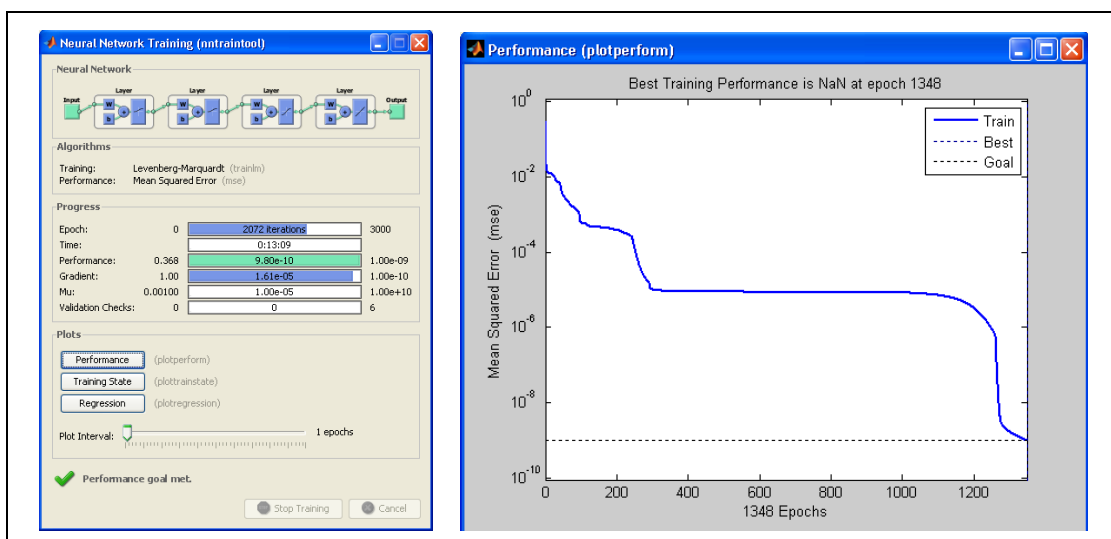
จากรูปที่ 4.14 เป็นการหาค่าเฉลี่ย CR ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยอัตราการบีบอัดของแต่ละสภาพแวดล้อม จะเห็นได้ว่าทุกสภาพแวดล้อมมีอัตราการบีบอัดข้อมูลเฉลี่ยเท่ากันคือ 3.269 ผู้วิจัยได้นำค่าคุณภาพเหล่านี้ไปเป็นอินพุตให้กับระบบเพื่อให้เครือข่ายประสาทเทียมหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมได้

4.3 ผลการหาอัตราการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสมโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างเป็นแบบไปข้างหน้าแบบหลายเลเยอร์ (Multi-Layer Feed Forward Network) โดยใช้คู่กับอัลกอริทึมแพร่กลับ (Back Propagation) ข้อมูลสำหรับการฝึกสอนและทดสอบแบบจำลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลที่ให้เครือข่ายประสาทเทียมได้เรียนรู้จำนวน 30 วัน เรียกข้อมูลชุดนี้ว่า Training Data Set ชุดที่ 2 เป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบความถูกต้องของเครือข่ายประสาทเทียมโดยไม่ผ่านการฝึกสอนจำนวน

7 วัน เรียกข้อมูลชุดนี้ว่า Testing Data Set 1 และข้อมูลชุดที่ 3 เป็นข้อมูลที่ใช้หาอัตราการบิบัติที่เหมาะสมซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ผ่านการฝึกสอนจำนวน 30 วัน เรียกข้อมูลชุดนี้ว่า Testing Data Set 2

1) การหาอัตราการบิบัติที่เหมาะสมของอุณหภูมิ



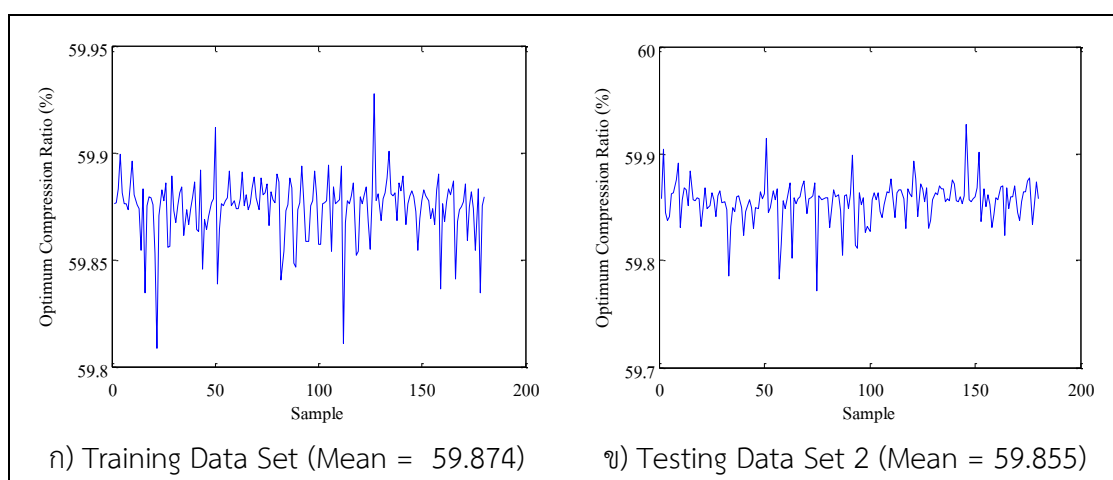
รูปที่ 4.15 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของอุณหภูมิ

การเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิและคุณภาพของแต่ละอัตราการบิบัติเป็นอินพุตให้กับเครือข่าย และให้เอาต์พุตเป็นอัตราการบิบัติ 10% ถึง 90% ทำการกำหนดเป้าหมายไว้ที่ 10^{-9} ซึ่งจากการดำเนินการใช้เวลา 13.09 นาที กราฟการฝึกสอนก็สามารถลู่เข้าสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ได้ ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลที่ทำการทดสอบ 2 ชุดข้อมูลคือ ข้อมูลชุดที่ 1 เป็นชุดข้อมูล Training Data Set จำนวน 50 ข้อมูล และชุดข้อมูลชุดที่ 2 เป็นชุดข้อมูล Testing Data Set 1 จำนวน 50 ข้อมูล แสดงผลการทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ

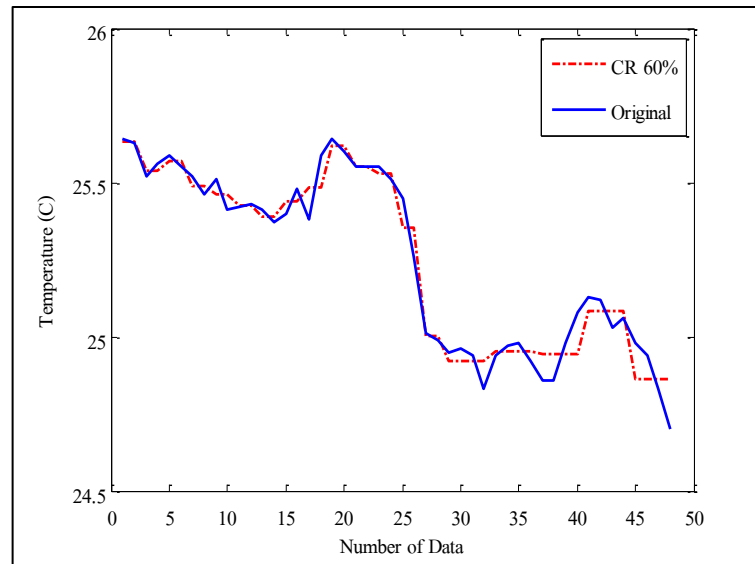
ข้อมูลทดสอบ	จำนวนข้อมูล	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
Training Data Set	50	100%
Testing Data Set 1	50	100%

จากการทดสอบทั้งสองชุดข้อมูลพบว่าให้ความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองชุดข้อมูล จากนั้นทำการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนนี้ โดยให้ข้อมูลอินพุตเป็นข้อมูลสภาพแวดล้อมจำนวน 2 ชุดข้อมูล คือ ชุดข้อมูลที่ 1 เป็นชุดข้อมูล Training Data Set และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นชุดข้อมูล Testing Data Set 2 ซึ่งทำการนำข้อมูลจำนวน 48 ข้อมูล กับข้อมูล CR , SNR และ $RMSE$ เป็นข้อมูลอินพุตให้กับเครือข่ายประสาทเทียมในการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแสดงอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของอุณหภูมิดังรูปที่ 4.16 โดยกำหนดค่าคุณภาพดังนี้ $CR = 3.269$ $SNR = 313.890$ และ $RMSE = 0.323$



รูปที่ 4.16 การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของอุณหภูมิ

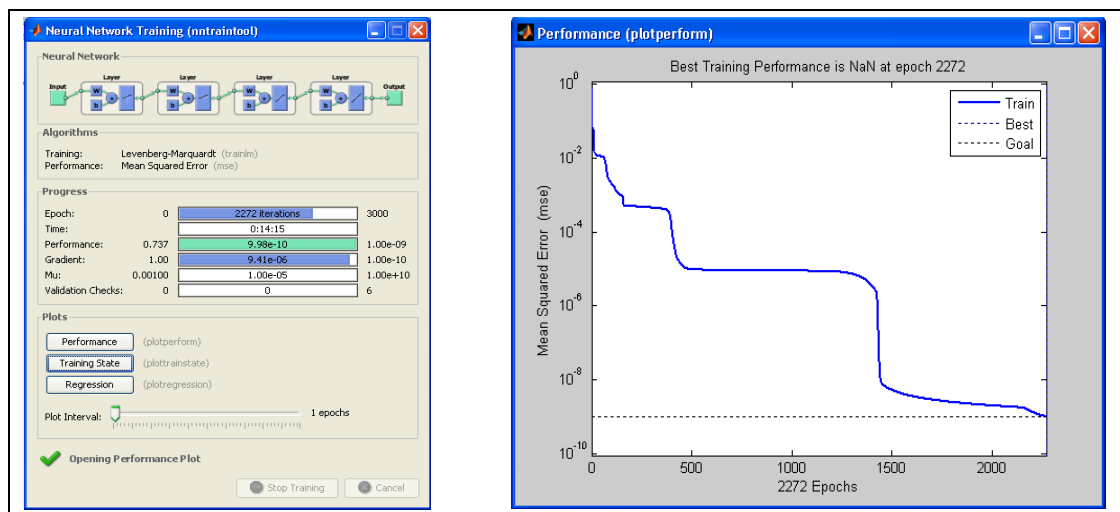
จากรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของข้อมูลอุณหภูมิ โดยใช้ข้อมูล 2 ชุด ข้อมูลชุดแรกให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมคือ 59.874 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบข้อมูลชุดที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมที่ 59.855 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงทำการเลือกอัตราการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสมของอุณหภูมิที่ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยแสดงการบีบอัดข้อมูลอุณหภูมิด้วยอัตราการบีบอัดที่ 60 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับข้อมูลต้นฉบับดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 การบีบอัดข้อมูลอุณหภูมิด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูล 60 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูล 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสร้างข้อมูลกลับคืนและเทียบกับข้อมูลต้นฉบับจะได้รูปข้อมูลที่ใกล้เคียงกันซึ่งจะได้ค่าคุณภาพจากการบีบอัดข้อมูลดังนี้ $CR = 3.428$ $SNR = 311.013$ และค่า $RMSE = 0.057$

2) การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความชื้นสัมพัทธ์



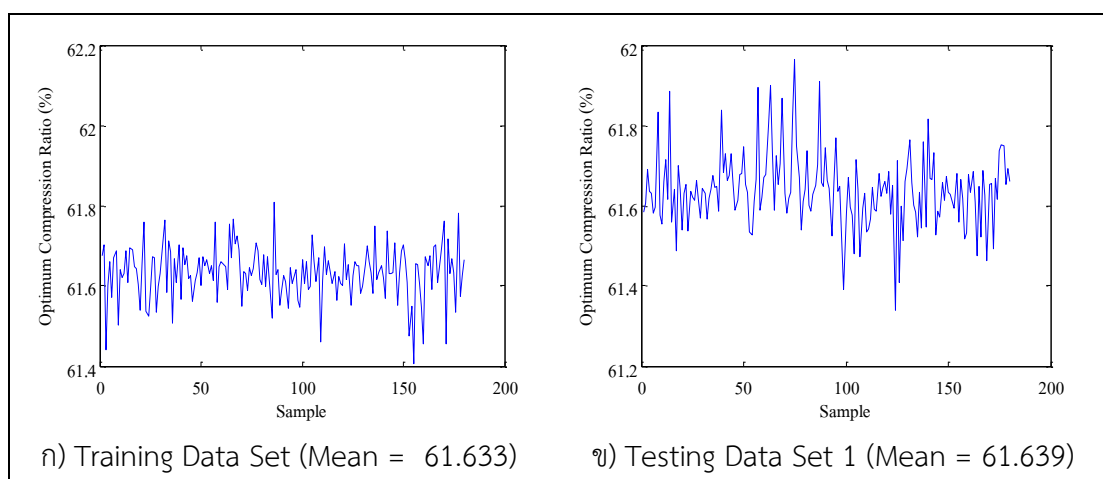
รูปที่ 4.18 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความชื้นสัมพัทธ์

จากรูปที่ 4.18 การฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความขึ้นสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลความขึ้นสัมพันธ์กับข้อมูลคุณภาพของแต่ละอัตราการบีบอัดเป็นข้อมูลอินพุต ซึ่งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการไว้ที่ 10^{-9} ใช้เวลาในการดำเนินการ 14.15 นาที กราฟการฝึกสอนก็สามารถเข้าสู่เป้าหมายได้ และทำการทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความขึ้นสัมพันธ์ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความขึ้นสัมพันธ์

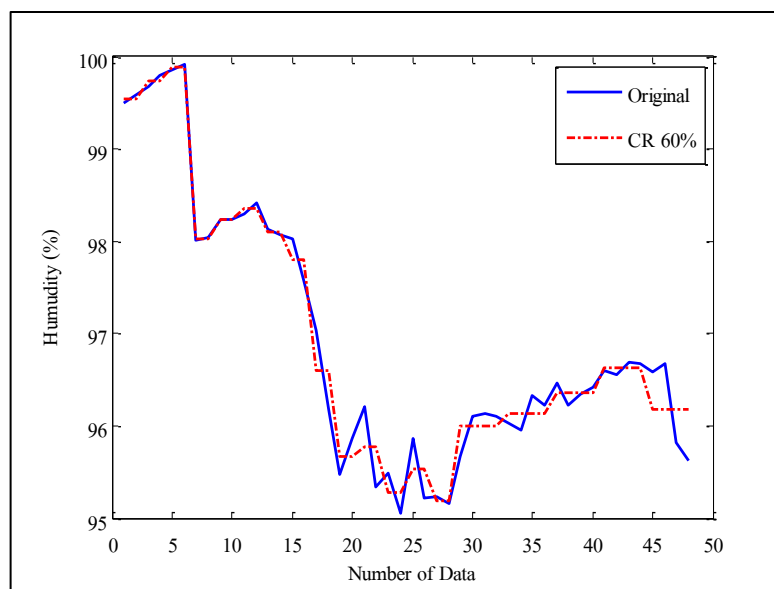
ข้อมูลทดสอบ	จำนวนข้อมูล	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
Training Data Set	50	100%
Testing Data Set 1	50	100%

จากการทดสอบทั้งสองชุดข้อมูลพบว่าให้ความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเครือข่ายประสาทเทียมที่ได้มาหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูล 2 ชุดข้อมูล และกำหนดค่าคุณภาพเพื่อเป็นอินพุตของระบบดังนี้ $CR = 3.369$ $SNR = 313.864$ และ $RMSE = 1.252$ แสดงการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของข้อมูลความขึ้นสัมพันธ์

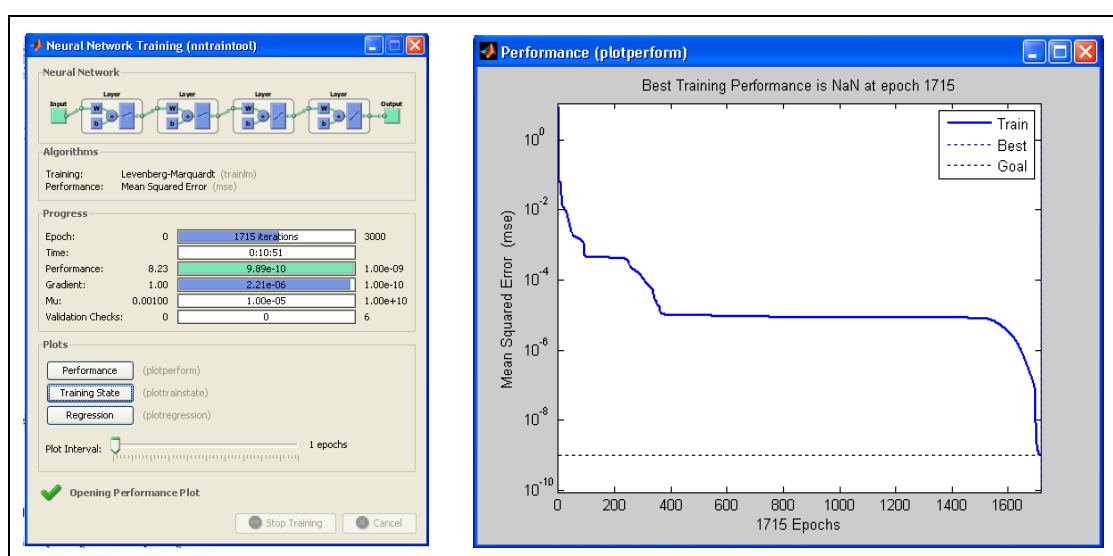
จากรูปที่ 4.19 จะได้ค่าอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความขึ้นสัมพันธ์ที่ 61.633 เปอร์เซ็นต์ และ 61.639 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงใช้อัตราการบีบอัดที่ 60 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบข้อมูลผ่านการบีบอัดข้อมูลกับข้อมูลต้นฉบับ ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 การบีบอัดข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.20 เป็นการเปรียบเทียบการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซ็นต์ กับข้อมูลต้นฉบับของความชื้นสัมพัทธ์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถหาค่าคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลได้ดังนี้ $CR = 3.428$ $SNR = 310.045$ และ $RMSE = 0.222$

3) การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความชื้นในดิน



รูปที่ 4.21 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความชื้นในดิน

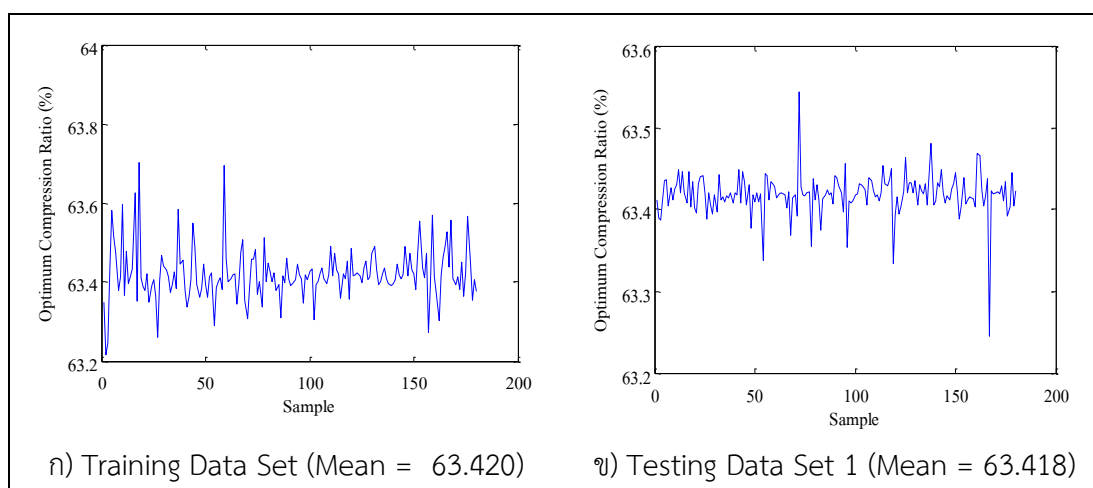
จากรูปที่ 4.21 เป็นการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมของความชื้นในดิน ซึ่งกำหนดเป้าหมายของการฝึกสอนที่ 10^{-9} ใช้เวลาในการเรียนรู้ข้อมูล 10.51 นาที ในการดำเนินการก็สามารถเข้าสู่เป้าหมายได้ และทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลที่ทำ การทดสอบ 2 ชุดข้อมูล ซึ่งจากการทดสอบทั้งสองชุดข้อมูลพบว่าให้ความถูกต้อง 100% ทั้งสองชุด ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของข้อมูลความชื้นในดิน

ข้อมูลทดสอบ	จำนวนข้อมูล	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
Training Data Set	50	100%
Testing Data Set 1	50	100%

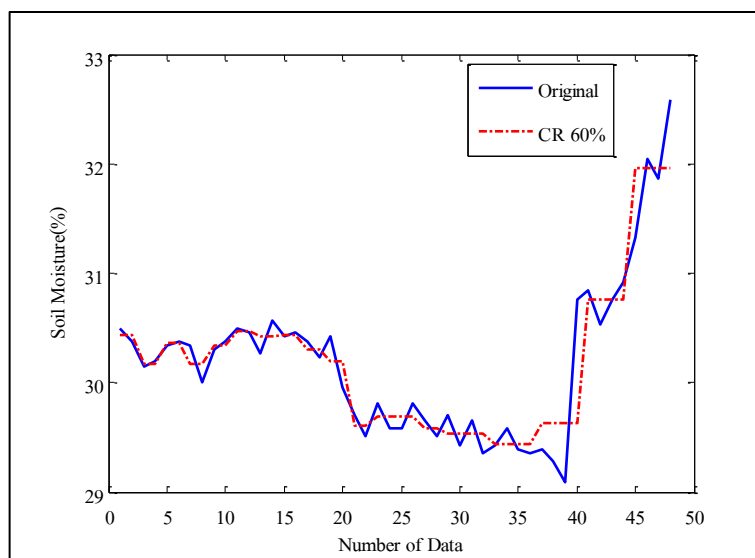
ทำการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนดังกล่าวข้างต้น ใช้ข้อมูลอินพุตเป็นข้อมูลความชื้นในดิน 2 ชุดข้อมูล และกำหนดค่าคุณภาพดังนี้

$CR = 3.269$ $SNR = 313.89$ และ $RMSE = 0.323$ แสดงดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของข้อมูลความชื้นในดิน

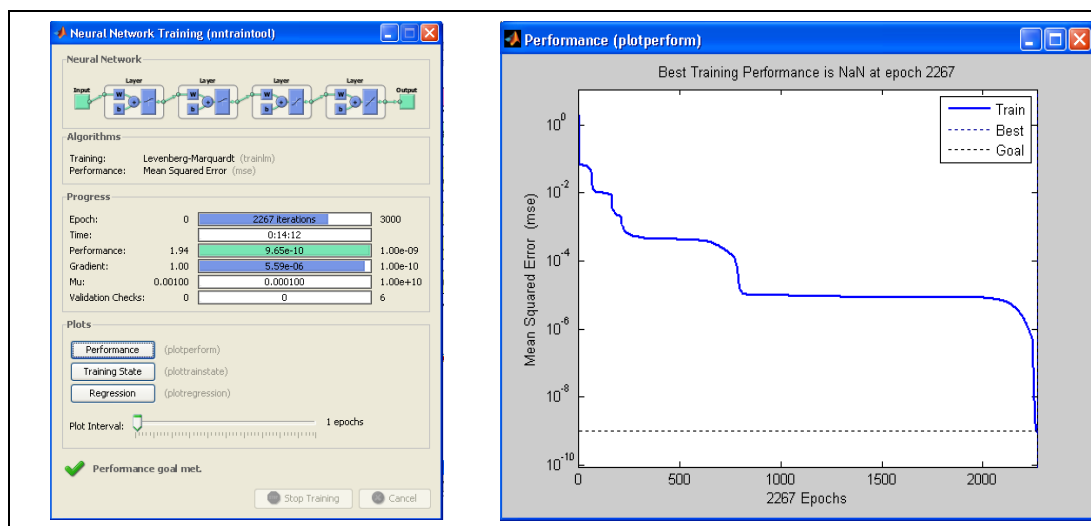
จากการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความชื้นในดิน พบว่าให้ค่าเฉลี่ยของอัตรา การบีบอัดที่เหมาะสมที่ 63.419 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยจึงใช้ค่าใกล้เคียงคือใช้ค่าอัตราการบีบอัดข้อมูล ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ แสดงการทดสอบการบีบอัดข้อมูลความชื้นในดินด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 การบีบอัดข้อมูลความชื้นในดินด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.23 พบว่าข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดกับข้อมูลต้นฉบับมีค่าใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาที่ค่าคุณภาพของการบีบอัดจะได้ว่า $CR = 3.428$ $SNR = 312.475$ และค่า $RMSE = 0.253$

4) การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความเข้มแสง



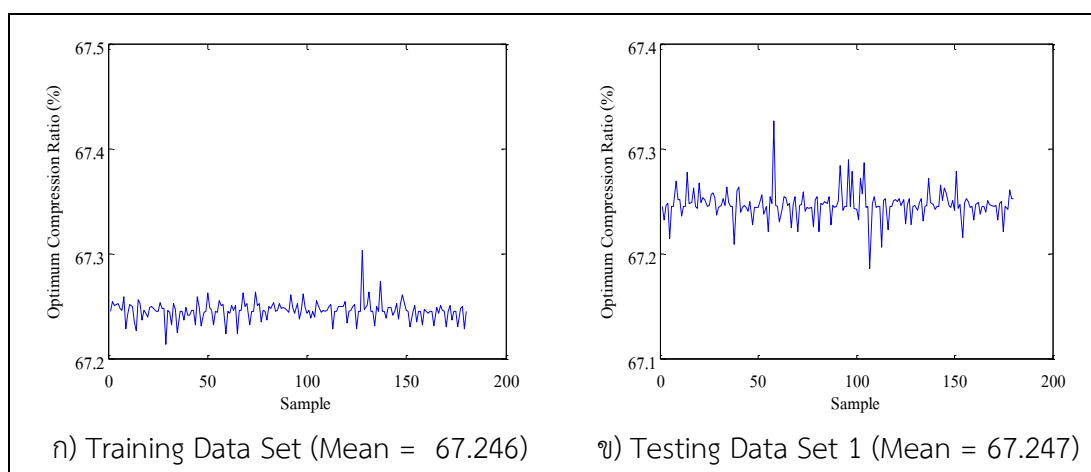
รูปที่ 4.24 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความเข้มแสง

จากรูปที่ 4.24 เป็นการเรียนรู้อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของเครือข่ายประสาทเทียมของข้อมูลความเข้มแสง ซึ่งกำหนดเป้าหมายไว้ที่ 10^{-9} ใช้เวลา 14.12 นาที ในการเรียนรู้และสามารถเข้าสู่เป้าหมายได้ ทำการทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลความเข้มแสงจำนวน 2 ชุดข้อมูล ซึ่งจากการทดสอบทั้งสองชุดข้อมูลพบว่าให้ความถูกต้อง 100% ทั้งสองชุด ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของข้อมูลความเข้มแสง

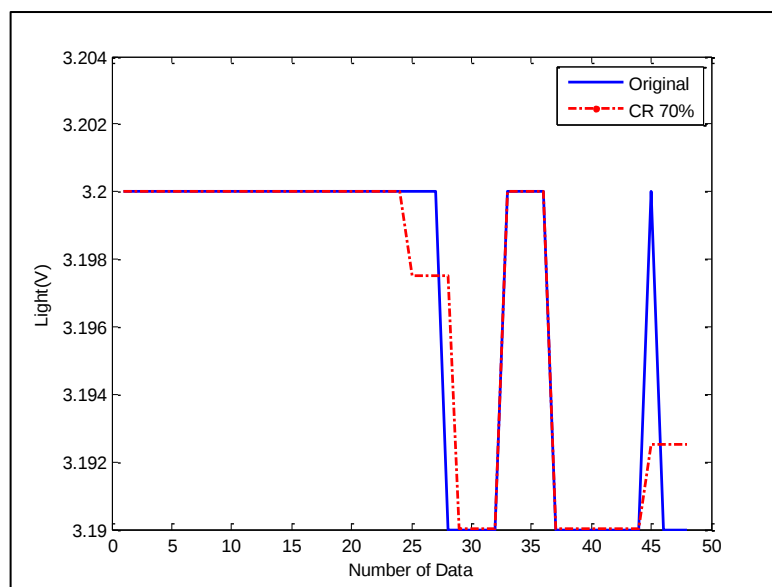
ข้อมูลทดสอบ	จำนวนข้อมูล	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
Training Data Set	50	100%
Testing Data Set 1	50	100%

ทำการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนและข้อมูลอินพุตเป็นข้อมูลจำนวน 2 ชุดข้อมูล พร้อมทั้งกำหนดค่าคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลดังนี้ $CR = 3.269$ $SNR = 314.261$ และ $RMSE = 0.039$ แสดงอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความเข้มแสง

จากรูปที่ 4.25 จะได้อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความเข้มแสงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.247 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้วิจัยได้ใช้ค่าใกล้เคียงโดยเลือกอัตราการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดด้วยอัตราการบีบอัดที่ 70 เปอร์เซ็นต์ กับข้อมูลต้นฉบับ ดังรูปที่ 4.26



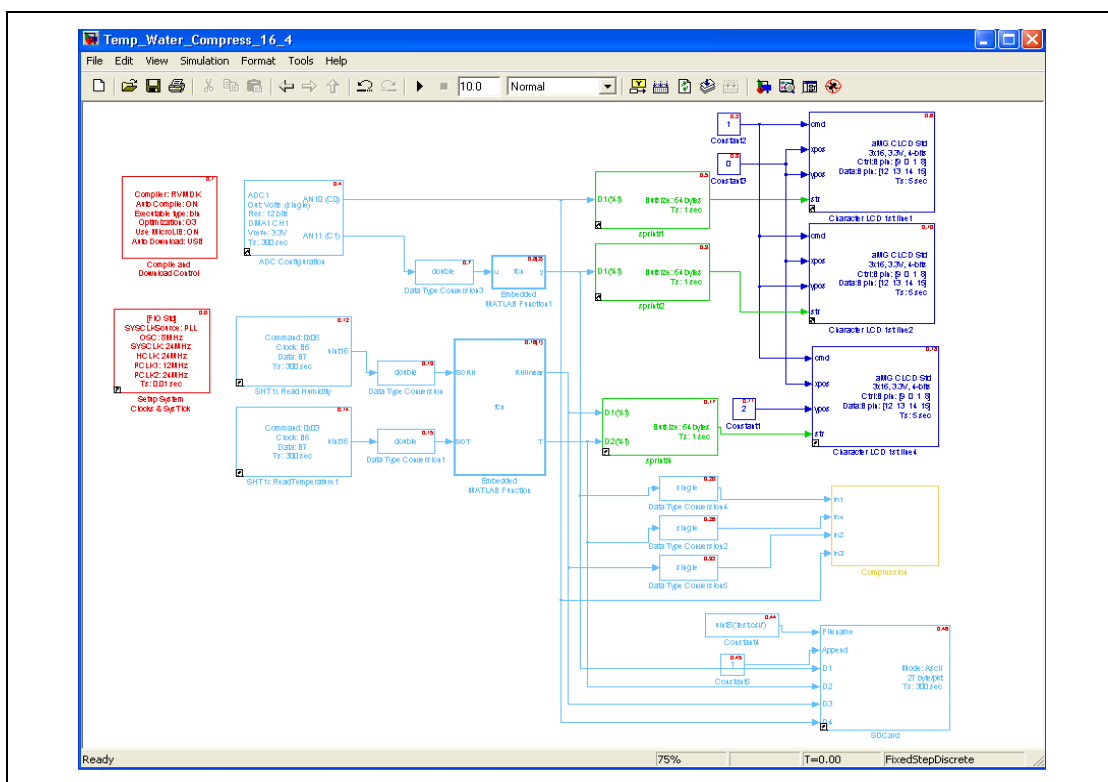
รูปที่ 4.26 การบีบอัดข้อมูลความเข้มแสงด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูล 70 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.26 จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟของข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลที่อัตราการบีบอัด 70 เปอร์เซ็นต์ มีเส้นกราฟที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณภาพของการบีบอัดจะพบว่าค่า $CR = 3.692$ $SNR = 312.283$ และ $RMSE = 0.002$

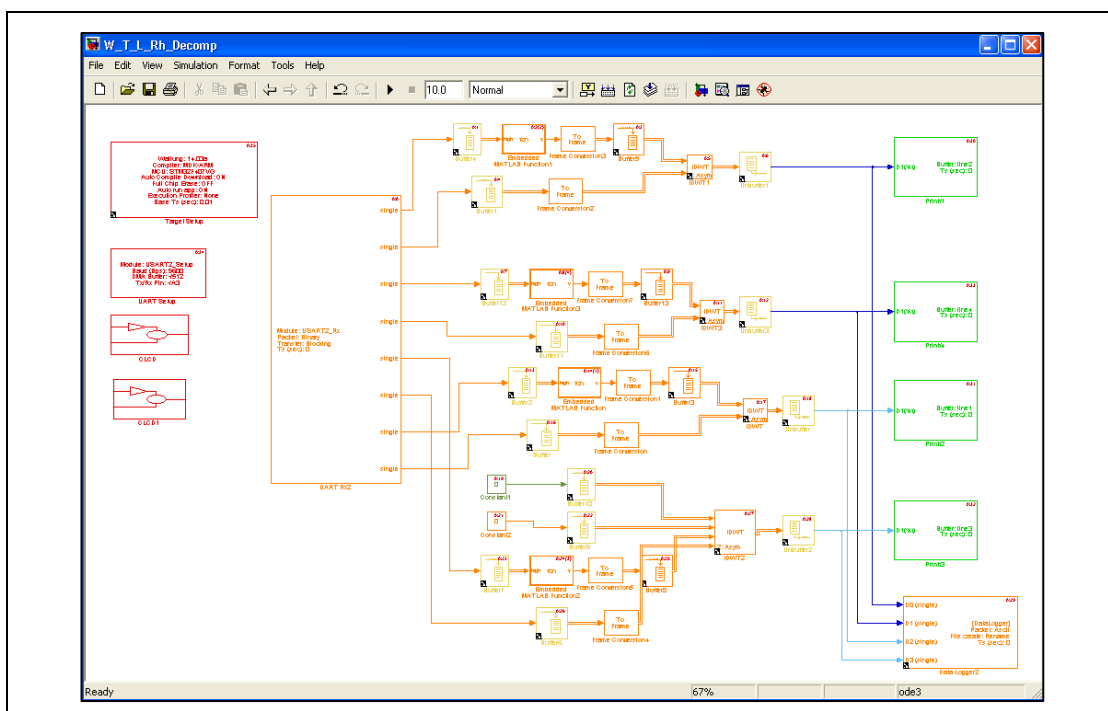
จากการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละสภาพแวดล้อม จะได้ว่า อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของอุณหภูมิเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความชื้นในดินเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความเข้มแสงเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผู้วิจัยจะนำอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละสภาพแวดล้อมเหล่านี้ไปใช้ในอุปกรณ์ชุดต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อแก้ปัญหาในการส่งข้อมูล

4.4 ผลการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบสมองกลฝังตัว

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบสมองกลฝังตัวซึ่งผู้วิจัยได้ใช้บอร์ด FiO Std โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32TM ARM 32-bits CortexTM M3 processors ทำงานร่วมกับโปรแกรม MATLAB Simulink โดยทำการสร้างบล็อกเพื่อรับส่งข้อมูล แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การทำงานของโนดเรทเทอร์ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์และบีบอัดข้อมูลก่อนส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Xbee และการทำงานของโนดโคออร์ดิเนเตอร์ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครือข่ายไร้สาย Xbee และสร้างกลับข้อมูลโดยมีการชดเชยข้อมูลส่วนที่ถูกตัดทิ้งไป นอกจากนี้ทั้งสองส่วนยังทำการบันทึกข้อมูลไว้ใน SD Card เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับเพื่อหาคุณภาพของข้อมูลที่ได้ แสดงการสร้างบล็อกดังรูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28



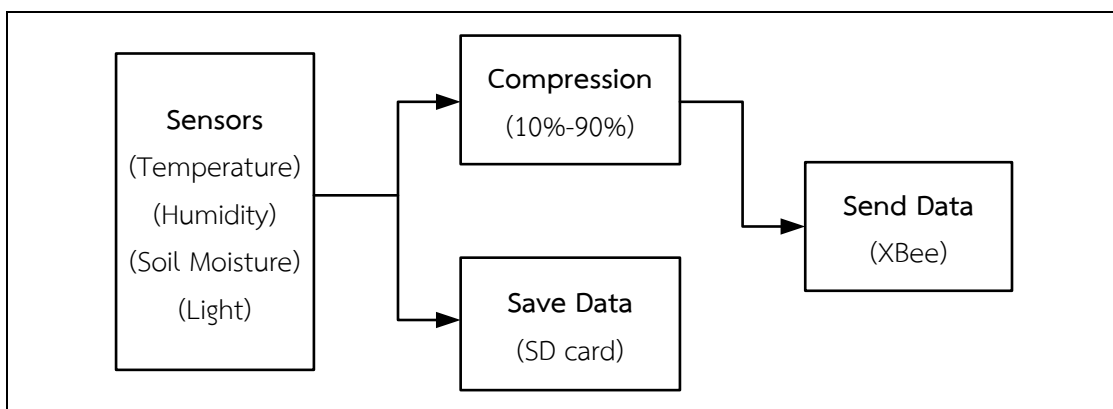
รูปที่ 4.27 โปรแกรมโนดเร้าท์เตอร์



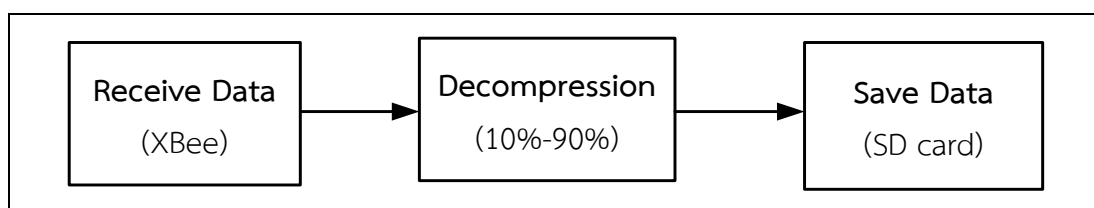
รูปที่ 4.28 โปรแกรมโนดโคออร์ดิเนเตอร์

4.5 ผลการทดสอบการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

การบีบอัดข้อมูลจะถูกดำเนินการที่โนดเรพอร์ทเตอร์ ซึ่งจะทำการรับข้อมูลจากเซนเซอร์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดินและความเข้มแสง จากนั้นดำเนินการบีบอัดข้อมูลของแต่ละสภาพแวดล้อมแล้วส่งข้อมูลผ่านทาง Xbee พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลไว้ใน SD Card แสดงการดำเนินการของโนดเรพอร์ทเตอร์ดังรูปที่ 4.29 และการสร้างกลับข้อมูลในโนดโคออร์ดิเนเตอร์ ซึ่งทำการรับข้อมูลจากเครือข่ายไร้สาย Xbee แล้วทำการสร้างกลับข้อมูลโดยการสร้างข้อมูลด้านความถี่สูงบางส่วนขึ้น ตามอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม และทำการบันทึกข้อมูลที่ถูกสร้างกลับไว้ใน SD Card แสดงการดำเนินการของโนดโคออร์ดิเนเตอร์ดังรูปที่ 4.30



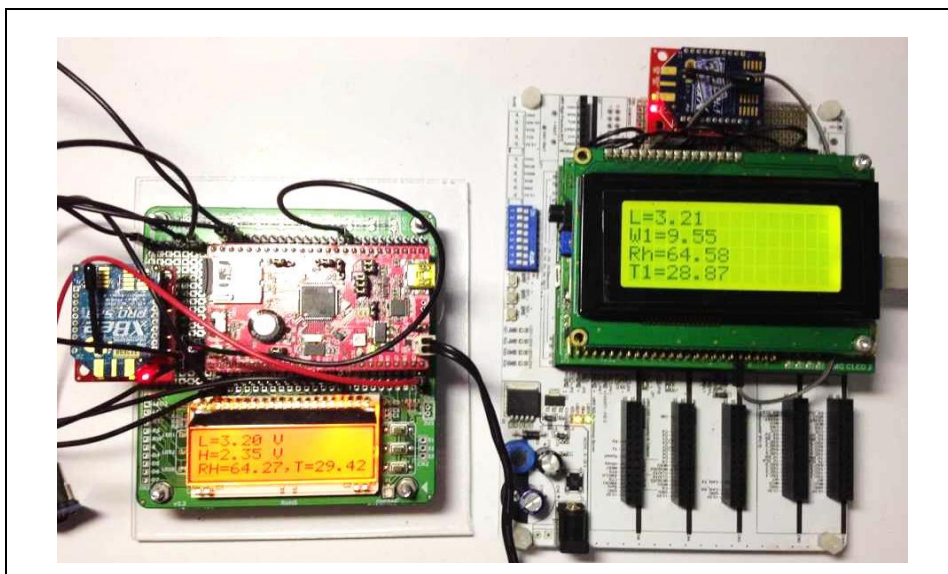
รูปที่ 4.29 การเก็บข้อมูลของโนดเรพอร์ทเตอร์



รูปที่ 4.30 การเก็บข้อมูลของโนดโคออร์ดิเนเตอร์

การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่มีเทคโนโลยีการบีบอัดข้อมูล โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม ในการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม ซึ่งจะได้อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละสภาพแวดล้อม โดยที่ข้อมูลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดินมีอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มแสงมีอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการบีบอัดข้อมูลด้วยอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมดังกล่าวที่โนดเรพอร์ทเตอร์ในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายพร้อมกับบันทึกข้อมูลก่อนการบีบอัด และทำการสร้างกลับข้อมูลที่โนดโคออร์ดิเนเตอร์หลังจากรับข้อมูลจากเครือข่ายไร้สาย ซึ่งการสร้างกลับข้อมูลจะมีการชดเชยข้อมูล

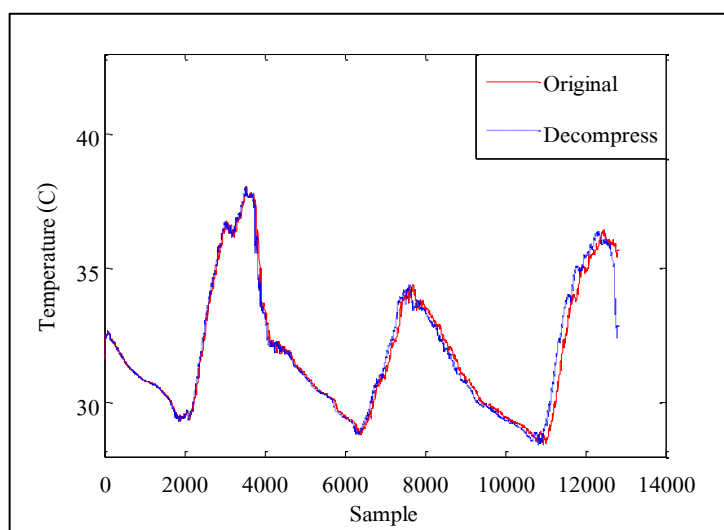
ส่วนที่ถูกบีบอัดไปด้วยเพื่อให้ข้อมูลที่ได้ในฝั่งรับมีขนาดใกล้เคียงกับข้อมูลที่ถูกส่งมาและทำการหาคุณภาพของข้อมูลที่ได้



รูปที่ 4.31 การแสดงผลของโนดเร้าเตอร์และโนดโคออร์ดิเนเตอร์

1) การบีบอัดข้อมูลอุณหภูมิ

จากการบีบอัดข้อมูลอุณหภูมิด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถสร้างกลับข้อมูลและผ่านกระบวนการชดเชยข้อมูลที่โนดโคออร์ดิเนเตอร์ แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับดังรูปที่ 4.32 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลอุณหภูมิเป็นเวลา 3 วัน

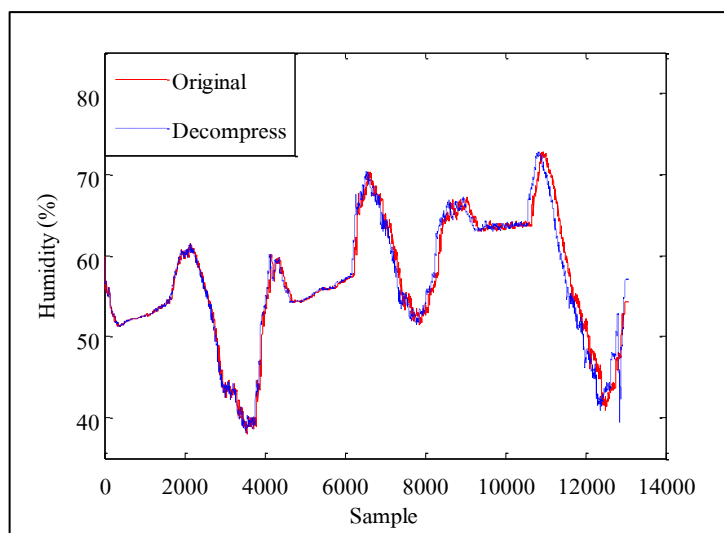


รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของอุณหภูมิ

จากรูปจะเห็นได้ว่าข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับมีลักษณะข้อมูลที่เหมือนกัน เมื่อทำการทดสอบคุณภาพของข้อมูล พบว่า SNR เท่ากับ 61.235 $RMSE$ เท่ากับ 0.444

2) การบีบอัดข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์

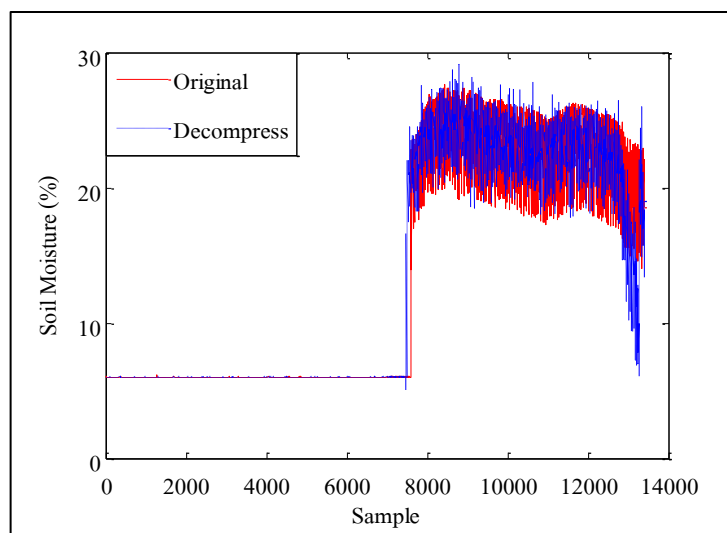
จากการบีบอัดข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูล 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถสร้างกลับข้อมูลและผ่านกระบวนการชดเชยข้อมูลที่โนดโคออร์ดิเนเตอร์ แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับดังรูปที่ 4.33 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์เป็นเวลา 3 วัน และทำการวัดค่าคุณภาพของข้อมูล พบว่า SNR เท่ากับ 55.547 $RMSE$ เท่ากับ 1.702



รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของความชื้นสัมพัทธ์

3) การบีบอัดข้อมูลความชื้นในดิน

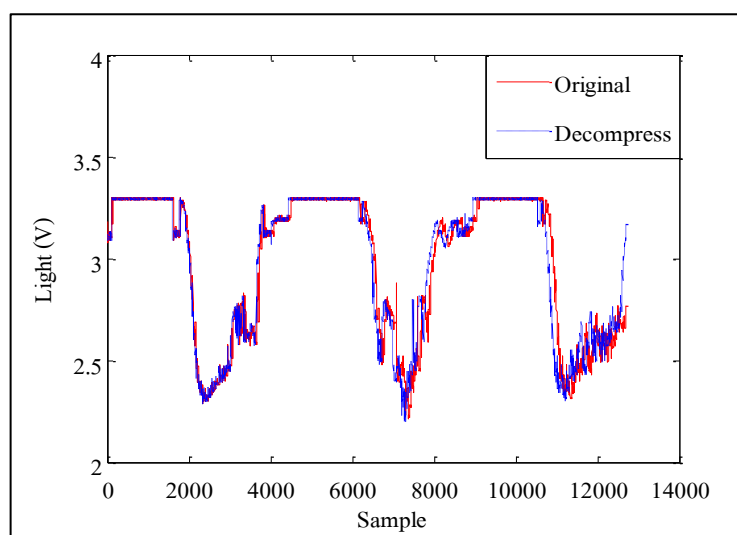
จากการบีบอัดข้อมูลความชื้นในดินด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูล 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถสร้างกลับข้อมูลและผ่านกระบวนการชดเชยข้อมูลที่โนดโคออร์ดิเนเตอร์ แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับดังรูปที่ 4.34 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลความชื้นในดินเป็นเวลา 3 วัน เมื่อทำการวัดค่าคุณภาพของข้อมูล พบว่า SNR เท่ากับ 43.25 $RMSE$ เท่ากับ 2.18



รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของความชื้นในดิน

4) การบีบอัดข้อมูลความเข้มแสง

จากการบีบอัดข้อมูลความเข้มแสงด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 70 เปอร์เซนต์ สามารถสร้างกลับข้อมูลและผ่านกระบวนการชดเชยข้อมูลที่โนดโคออร์ดิเนเตอร์ แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับดังรูปที่ 4.35 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลความเข้มแสงเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของความเข้มแสง

จากรูปจะเห็นว่าข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับมีลักษณะข้อมูลที่เหมือนกัน เมื่อทำการวัดค่าคุณภาพของข้อมูล พบว่ามีค่า SNR เท่ากับ 78.85 $RMSE$ เท่ากับ 0.1016

คุณภาพของการบีบอัดข้อมูลของแต่ละสภาพแวดล้อมจากการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยนำข้อมูลต้นฉบับจากโนดเรพอร์ทเตอร์เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับจากโนดโคออร์ดิเนเตอร์ที่ผ่านกระบวนการชดเชยข้อมูล จากการศึกษาบทความของ Beatrice Arvinti [13] ซึ่งเป็นการบีบอัดข้อมูลของสัญญาณ ECG โดยใช้เทคนิคการแปลงเวฟเล็ต มีการพิจารณาคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลจากความแตกต่างของข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับ (Percentage Root Mean Square Difference; *PRD*) ดังสมการที่ 4.2 และคุณภาพของการบีบอัดข้อมูล (Quality Factor; *QF*) ดังสมการที่ 4.3 [13]

$$PRD = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x[n] - \hat{x}[n])^2}{\sum_{n=1}^N x^2[n]}} \times 100\% \quad (4.2)$$

เมื่อ $x[n]$ คือ ข้อมูลต้นฉบับ

$\hat{x}[n]$ คือ ข้อมูลที่ถูกสร้างกลับ

N คือ จำนวนของข้อมูล

$$QF = \frac{CR^2}{PRD} \quad (4.3)$$

ทำการหาค่าคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ซึ่งคุณภาพที่พิจารณา คือ *SNR RMSE PRD CR* และ *QF* แสดงคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คุณภาพการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

คุณภาพ สภาพแวดล้อม	<i>SNR</i>	<i>RMSE</i>	<i>PRD</i>	<i>CR</i>	<i>QF</i>
Temperature	61.235	0.444	0.014	3.428	846.042
Humidity	55.547	1.702	0.029	3.428	395.041
Light	78.850	0.102	0.034	3.692	402.497
Soil moisture	43.250	2.180	0.138	3.428	85.216

จากตารางที่ 4.6 จะได้ค่าเฉลี่ยของ *SNR* มีค่าเท่ากับ 59.720 ค่าเฉลี่ยของ *RMSE* เท่ากับ 1.107 ค่าเฉลี่ยของ *PRD* เท่ากับ 0.053 ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ถูกสร้างกลับมีลักษณะที่คล้ายกับ

ข้อมูลต้นฉบับมาก แสดงถึงคุณภาพของการบีบอัดข้อมูลที่ดีจากค่าเฉลี่ยของ QF ที่มีค่าสูงถึง 432.199 นอกจากนี้ยังสามารถบีบอัดข้อมูลด้วยอัตราการบีบอัดที่สูงถึง 1:3.494 ซึ่งคิดเป็น 62.5 เปอร์เซ็นต์

4.5.1 พลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล

จุดเด่นอย่างหนึ่งของการสื่อสารไร้สายก็คือการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายและสิ่งที่สำคัญที่สุดคือพลังงาน การส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายย่อมสิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งถ้ามีการส่งข้อมูลจำนวนมากก็จะยิ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก นอกจากนี้ระยะทางก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการบีบอัดข้อมูลซึ่งเป็นการลดปริมาณข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายไร้สาย มีการเปรียบเทียบการส่งข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดและการส่งข้อมูลต้นฉบับทั้งหมดโดยใช้สมการการหาพลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูลดังสมการที่ 4.4 และสมการที่ 4.5

$$Energy = Power \times \frac{Time}{Data} \quad (4.4)$$

$$Energy = Current \times Voltage \times \frac{Time}{Data} \quad (4.5)$$

โดยที่ *Energy* คือ พลังงานมีหน่วยเป็น จูล (J)

Power คือ กำลังมีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที (J/s) หรือ วัตต์ (Watt)

Time คือ เวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

Data คือ จำนวนบิตข้อมูล (bit)

Current คือ กระแส มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)

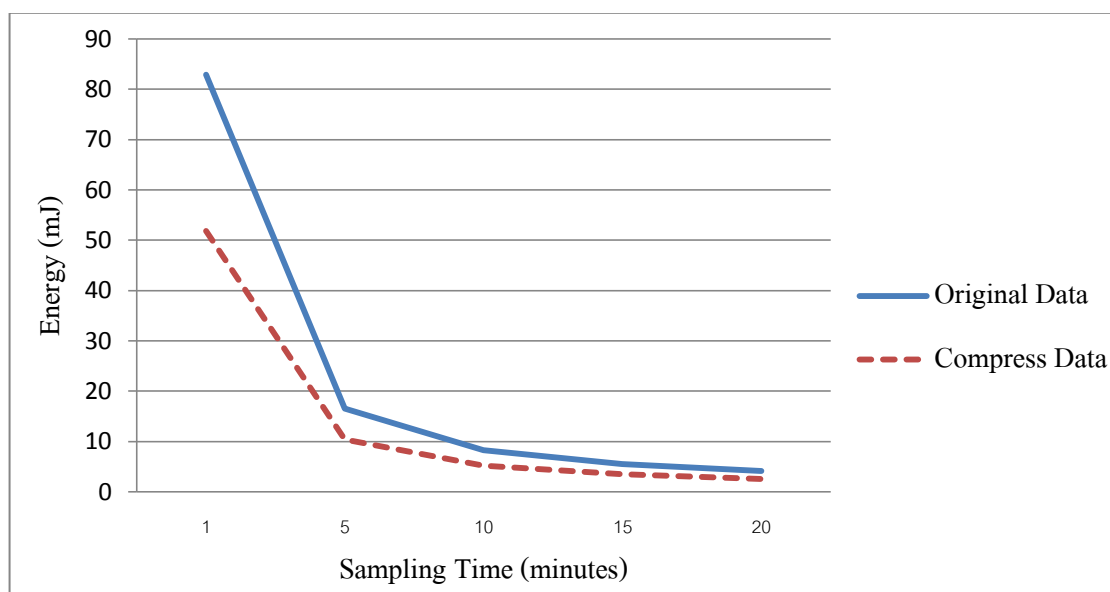
Voltage คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

จากการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Xbee ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ Xbee Pro 50 mW Series2 (ZB) ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็ว 250 kbps แรงดันไฟฟ้า 3.3 V ที่ 295 mA โดยมีกำลังส่งที่ 50 mW สามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะทาง 1600 m หรือ 1 mile ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของระบบและสายอากาศที่ใช้ เนื่องจากความถี่ 2.4 GHz เป็นย่านความถี่สูง อัตราการลดทอนสัญญาณจะสูงและสิ่งกีดขวางจะมีผลอย่างมากกับระยะทางที่ใช้งานได้ ดังนั้นการคำนวณหาพลังงานในงานวิจัยนี้จึงจำลองการรับส่งข้อมูลที่ระยะทาง 100 เมตร โดยทำการเก็บข้อมูลต้นฉบับและข้อมูลที่ถูกบีบอัดที่ส่งได้ใน 1 วัน โดยกำหนดเวลาในการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการส่งข้อมูลต้นฉบับและข้อมูลที่ถูกบีบอัด แสดงผลการคำนวณการใช้พลังงานดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล

Sampling Time (minutes)	Original Data (bytes)	Energy (mJ)	Compress Data (bytes)	Energy (mJ)
1	51,840	82.900	32,400	51.800
5	10,368	16.550	6,480	10.350
10	5,184	8.250	3240	5.150
15	3,456	5.500	2160	3.450
20	2,592	4.150	1620	2.550

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเก็บข้อมูลที่ช้าลง จำนวนข้อมูลที่เก็บได้ใน 1 วัน ก็จะมีจำนวนลดลงด้วย ส่งผลให้การใช้พลังงานในการส่งข้อมูลลดลงด้วย เมื่อพิจารณาข้อมูลต้นฉบับ (Original Data) ที่ต้องการส่งพบว่ามีการใช้พลังงานปริมาณมากเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดก่อนการส่งข้อมูล (Compress Data) ซึ่งมีการใช้พลังงานลดลงเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 การใช้พลังงานในการส่งข้อมูล

4.6 สรุป

การบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม ซึ่งจะได้อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยที่ข้อมูลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดินมีอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมเท่ากับ 60 เฟอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มแสงมีอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมเท่ากับ 70 เฟอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการนำอัตราบีบอัดที่เหมาะสมนี้ไปใช้กับอุปกรณ์เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในพื้นที่เกษตรกรรม และทำงานบีบอัดข้อมูลก่อนส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายเพื่อลดการใช้พลังงานในการส่งผ่านข้อมูล เมื่อทดสอบคุณภาพของข้อมูลที่บีบอัดในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายพบว่า ค่าเฉลี่ยของ *SNR* มีค่าเท่ากับ 59.720 ค่าเฉลี่ยของ *RMSE* เท่ากับ 1.107 และค่าเฉลี่ยของ *PRD* เท่ากับ 0.053 ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่สร้างกลับมีลักษณะที่คล้ายกับข้อมูลต้นฉบับ แสดงถึงคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการบีบอัดข้อมูลที่ได้จากค่าเฉลี่ยของ *QF* ที่มีค่าสูงถึง 432.199 และสามารถบีบอัดข้อมูลด้วยอัตราการบีบอัดที่สูงถึง 1:3.494 ซึ่งคิดเป็น 62.5 เฟอร์เซ็นต์ สำหรับการบีบอัดข้อมูลในอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการใช้พลังงานในการส่งข้อมูลโดยพบว่าเมื่อผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลจะทำให้ข้อมูลที่ส่งมีขนาดลดลงและมีการใช้พลังงานลดลงตามไปด้วย โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 62.5 เฟอร์เซ็นต์